

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

電力線通訊整合與應用

服務機關：台灣電力公司
出國人職稱：電機工程師
姓名：蒲冠志
出國地區：德國、西班牙、法國
出國日期：92.8.31
報告日期：92.10

G3/c09>03759

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：電力線通訊整合與應用

COP203757

頁數____ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司人事處，陳德隆，23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

蒲冠志，台灣電力公司，綜合研究所，十等電機工程師，26815424

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：92.08.31~92.09.09

出國地區：德國、西班牙、法國

報告日期：92.10

分類號/目

關鍵詞：電力線通訊，頭端設備，中繼器，用戶端設備

內容摘要：(二百至三百字)

利用電力線通信(PLC)為近年來各國電力公司積極發展的方向，為使本計畫能夠達到建構多元化通信網路，了解目前國外發展概況與技術，進而達到與世界同步，遂前往歐洲等先進機構研習相關技術，目前世界上電力線通訊技術主要以歐洲與美國為主。本次出國研習內容概述：

- 1、國外電力線通信(PLC)實際應用經驗研習。
- 2、電力線通信網路規劃與建構技術研習。
- 3、網路最佳化調整技術研習。
- 4、大型網路管理系統研習。

歐美等先進國家之電力公司、研究機構或廠商在此方面已有多年之實務經驗。本報告將提出德國、西班牙與法國製造廠商所發展出最新相關產品與各電力公司實際應用情形，並提出心得報告。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

壹、 出國目的	1
貳、 出國行程	2
參、 誌謝	3
肆、 實習內容與工作紀要	4
4-2 電力線通訊介紹	4
4-1-1 前言	4
4-1-2 電力線通訊技術發展	5
4-1-3 電力線通訊的優勢與缺點	8
4-1-4 電力線通訊應用	8
4-2 電力線通訊設備	10
4-2-1 電力線通訊傳輸設備	10
4-2-2 電力線通訊耦合器	13
4-3 電力線通信實際應用系統	16
4-3-1 德國系統	16
4-3-2 西班牙系統	21
伍、 心得與建議事項	27
5-1 研習與參訪心得	27
5-2 公司的優勢與劣勢	27
5-3 建議事項	28

壹、出國目的

1-1 緣起與目的

自從有了電力的使用，電力線便一直存在。利用電力線載波並非新的技術，多年來一直被電力公司用作電網控制的工具，而如何將電力線載波技術應用於一般工業甚至家庭上作為一般通信的工具，一直是人們努力的目標，尤其是電力線不需另外配線。利用電力線通信（PLC）為近年來各國電力公司積極發展的方向，為使本計畫能夠達到建構多元化通信網路，了解目前國外發展概況與技術，進而達到與世界同步，遂前往歐洲等先進機構研習相關技術，目前世界上電力線通訊技術主要以歐洲與美國為主。本次出國研習內容概述：

- 1、 國外電力線通信（PLC）實際應用經驗研習。
- 2、 電力線通信網路規劃與建構技術研習。
- 3、 網路最佳化調整技術研習。
- 4、 大型網路管理系統研習。

歐美等先進國家之電力公司、研究機構或廠商在此方面已有多年之實務經驗。本報告將提出德國、西班牙與法國製造廠商所發展出最新相關產品與各電力公司實際應用情形，並提出心得報告。

貳、出國行程

起始日	迄止日	天數	國家	地點	工作內容
920831					往程(台北-法蘭克福)
	920901	01			
920901			德國		電力線通信(PLC)實際
	920902	02		MVV, EnBW	應用經驗研習
920903			西班牙	Valencia	實習「電力線通訊整合
	920904	02		DS2	與應用」
920905			法國	巴黎	電力線通信網路規劃與
	920908	03		DefiDev, Edf	建構研習
920908					返程(巴黎-法蘭克福
	920909	02			-台北)

參、誌謝

首先感謝本所所長、副所長及電力室主任，在此次出國行程安排中給予寶貴的意見，並且給予各方面的協助，在此特別向他們致謝。

德國方面，感謝 Dr. Unfried 在日常生活給予最妥善照顧與廠商訪問的安排。西班牙方面，感謝 DS2 熱切的介紹與討論，另外感謝法國 DefiDev 等公司多位專家的討論與指導。

肆、實習內容與工作紀要

4-1 電力線通訊介紹

4-1-1 前言

利用電力線載波並非新的技術，多年來一直被電力公司用作電網控制的工具，而如何將電力線載波技術應用於一般工業甚至家庭上作為一般通信的工具，一直是人們努力的目標。

根據美國的調查分析報告，一般家庭對於用戶服務的功能需求主要有[1，2]：

- 1、 信息交流—Internet。
- 2、 金融與生活消費—電子銀行與網路購物。
- 3、 家庭管理—家庭自動化。

上述家庭用戶服務的功能需求中電力線載波技術應用最早的是家庭網路部份。近年來也逐漸發展，在一般家庭電器具加入電力線載波模組，而利用電力線將其連接在一起，組成家庭電器的自動化。

4-1-2 電力線通訊技術發展

基本上電力線通訊可分為（1）低速—控制領域應用，（2）高速—寬頻資訊領域應用。

早期的電力線通訊偏向控制領域的應用為多，近年來由於技術的突破才進入寬頻的應用。一般電力公司應用於自動讀表與自動化，而於一般家庭中則為家庭自動化的應用，本所自動讀表與自動化控制方面也做過相關的研究。

在家庭網路數十年的發展過程中，各種相關通信標準與技術不斷形成與發展，其中與電力線通訊技術相關且較具規模的有 X-10、CEBus、Lonworks、Echonet、CEA-R7.3、PowerPacket、Ambient PLUS、Ascom、Main.net 與 DS2 等 [3-12]。

1、X-10

X-10 是全球第一個利用電力線來控制照明與電器產品，並成功的成為商品化產品。Pico Electronics 公司最早發展出該技術，並將該技術售于 BSR 音響公司，目前 X-10 在美國也有一些公司銷售此產品，同時在美國家庭自動化市場佔有相當份量，不過此技術目前屬於較低階技術。

2、CEBus

1984 年美國電子工業協會（Electronics Industry Association, EIA）認為 X-10 已不能滿足現代生活需求，因此召集會員於 1990 制定家庭自動化初步草案 CEBus（Consumer Electronic Bus），

於 1992 年問世。後來為了走向市場，改由 CIC (CEBus Industry Council) 非營利機構繼續主持，因此 CEBus 便與 X-10 展開競爭。目前它是一種開放性標準 (EIA-600)。

3、Lonworks

Lonworks 是由美國一家名為 Echelon 公司所發展的控制網路技術，該公司成立於 1990 年，目前它也是一種開放性國際標準 (EIA-709)。

Lonworks 目前有一些公司 (如 Honeywell、IBM、Microsoft 等)組成 Lonmark 協會訂定標準，此標準定義了通訊協定中完整七層協定。目前最大應用實例為義大利 ENEL 公司欲將其 2700 萬用戶以 Lonworks 技術完成用戶服務與管理。

4、Echonet

Echonet 為日本的日立、松下與三菱等公司於 2000 年 7 月所發表的標準。

5、CEA R7.3

CEA R7.3 為 2001 年由美國消費性電子協會 (Consumer Electronics Association, CEA) R7.3 小組所發佈家庭網路標準。此標準包括數據傳輸與控制網路之用。

6、PowerPacket

2000 年 8 月由美國 Intel、AMD、Motorla 等多家公司聯合組

成”HomePlug Powerline Alliance ”致力家庭電力網路規格標準化，選擇 Intellon 公司的 PowerPacket 技術作為標準，達到 14 MB/s 的傳輸速度。其目的欲使電力線網路技術超脫單純自動化範疇，同時進入類似 ADSL 等應用的領域。

7、Ambient PLUS

由德國 Ambient 公司所發展電力線載波技術 ”PLUS”，於 2001 年 8 月 1 日發表已經成功應用於德國 Mannheim 電力公司，MVV 用戶。其用戶可透過”PLUS” modem 在家裡將 PC 以 2.5 Mbps 的傳輸速度連上網路。

8、DS2

西班牙公司，原為一家通訊模組設計公司，為推廣電力線通訊也生產 PLC 數據機及頭端設備等，並提供原始設計給有興趣廠商，為目前較先進 PLC 通訊模組提供者，預計 2003 年 Q4 推出 200MB 通訊模組。

上述為電力線通訊簡要發展概況，本報告以下所提電力線通訊將著重在寬頻電力線通訊，Power Line Communication，PLC。

4-1-3 電力線通訊的優勢與缺點

優點：

- 1、電力線為現成的，不必再行佈線，破壞原有裝潢，同時連接所有需用電設備。
- 2、以目前技術發展而言，電力線載波技術已可媲美 ADSL 等技術，在頻寬部分甚至更為優越。
- 3、對電力公司而言，多元的用戶服務勢必是未來趨勢，除了穩定用戶外，開拓服務項目是另一項機會。

缺點：

- 1、線路中存在不可預測的干擾源。
- 2、訊號傳輸的高頻信號衰減程度高，影響傳輸距離。
- 3、電力器具使用時電源的切換，會造成大範圍的阻抗變化，是 PLC 應用的另一考驗。
- 4、FCC 輻射標準，台灣尚未建立。

4-1-4 電力線通訊應用

電力公司本業

- 1、停電與竊電偵測
- 2、結合自動讀表可提供即時資料讀取及即時電價功能
- 3、電力品質監測
- 4、負載管理
- 5、遠端遙控停電與送電
- 6、配電自動化及更大規模的 SCADA 系統

非電力公司本業

- 1、 網際網路應用 (Internet access)
- 2、 網路電話 (Voice over IP, VoIP)
- 3、 視訊會議 (Video conference)
- 4、 隨選視訊 (Video-on-demand, VoD)
- 5、 智慧家電控制 (Smart appliances control)
- 6、 家庭與大樓自動化 (Home/Building automation)
- 7、 家庭與大樓保全系統 (Home/Building security)
- 8、 電力線通訊設備
- 9、 電力線通訊數據機

4-2 電力線通訊設備[13]

基本上電力線通訊設備包含通訊傳輸設備與電力線耦合器。

4-2-1 電力線通訊傳輸設備

電力線通訊傳輸設備主要包含有頭端設備（Head End，HE），閘道器（Gateway，Reapter）與用戶屋內設備（Customer Premises Equipment，CPE），其關係如圖 4-1 所示。

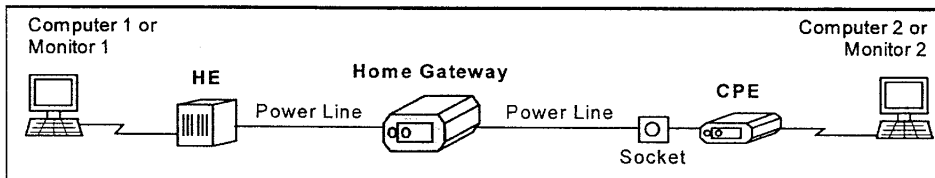


圖 4-1 電力線通訊傳輸設備系統架構

1、頭端設備（Head End，HE）

頭端設備在系統中所扮演為系統管理者角色，包含 Home Gateway、Reapter 與 CPE 的設定，系統通訊品質的管控，頻寬的管控等。頭端設備管轄區域內的數據機若沒有向 HE 註冊，將無法正常使用，設備如圖 4-2（正面）與圖 4-3（背面）所示。

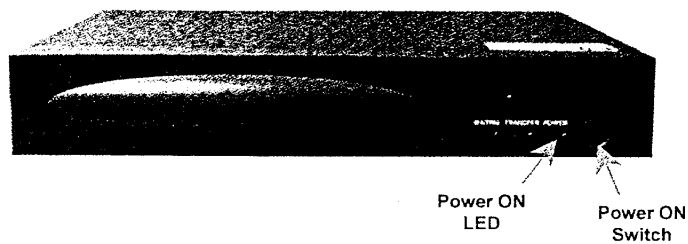


圖 4-2 頭端設備 (HE) 正面

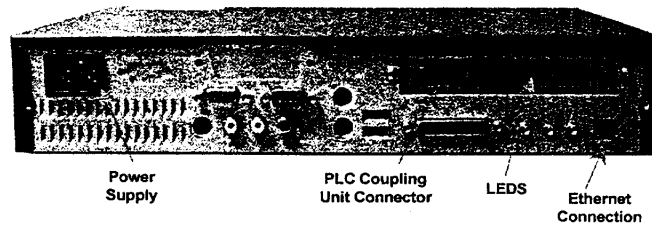


圖 4-3 頭端設備 (HE) 背面

2、用戶屋內設備 (Customer Premises Equipment, CPE)

顧名思義此設備為置於用戶用電設備端，此設備以電力線傳輸方式與頭端設備或開道器相通，另一端為乙太網路或 USB 與電腦設備相連。此設備可提供網路語音 (網路電話) 功能，然而此 CPE 必須經由 HE 方能於網路中進行資料存取與其他功能。設備如圖 4-4 (正面) 與圖 4-5 (背面) 所示。

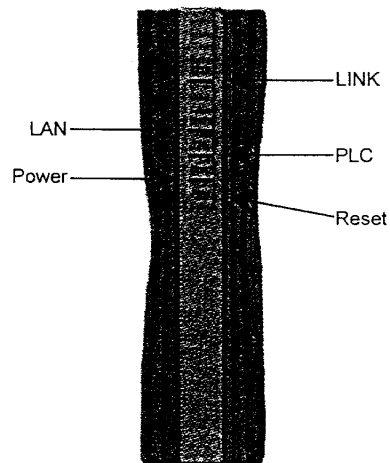


圖 4-4 用戶屋內設備 (CPE) 正面

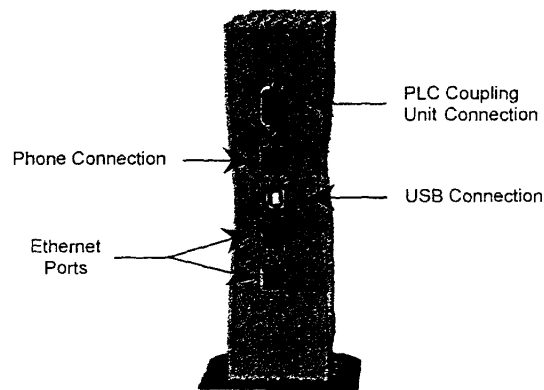


圖 4-5 用戶屋內設備 (CPE) 背面

3、閘道器 (Home Gateway, Reapter, 中繼器)

Home Gateway 主要由 HE 與 CPE 所組成。在電力線通訊網路中若線路過長，那麼由於訊號衰減的原因，訊號將無法直接由 HE 與 CPE 進行通訊，此時此設備將扮演中繼器的角色 (Reapter)。對於頭端設備而言，其中的 CPE 卡將負責接受訊號，另外 HE 卡將扮演對下之用戶端設備之管理角色。設備如圖 4-6 所示。

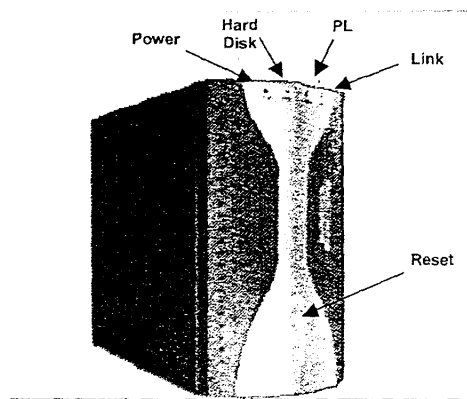


圖 4-6 閘道器 (Home Gateway, Reapter) 設備

4-2-2 電力線通訊耦合器

電力線通訊網路設備除了通訊傳輸設備外，連接這些設備到電力線上的耦合器亦扮演相當重要的角色，基本上電力線耦合器可分為電感性耦合器與電容性耦合器，低壓用與中壓用。一般而言，低壓用耦合器用於用戶端，如圖 4-8 與圖 4-9。其中圖 4-8 為電感性低壓耦合器，圖 4-9 為電容性低壓耦合器，電感性耦合器安裝時直接夾於電力線上，不需與電線直接接觸，電容性耦合器則跨於電線兩端。

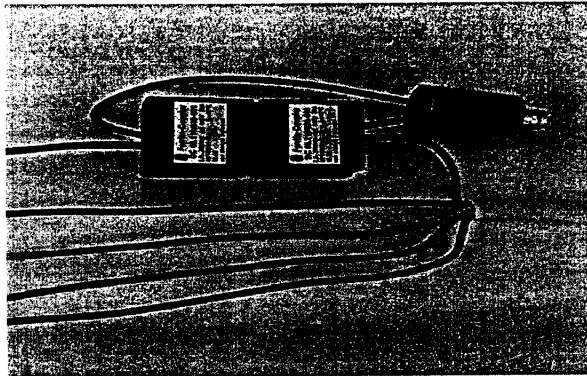


圖 4-8 電感性低壓耦合器

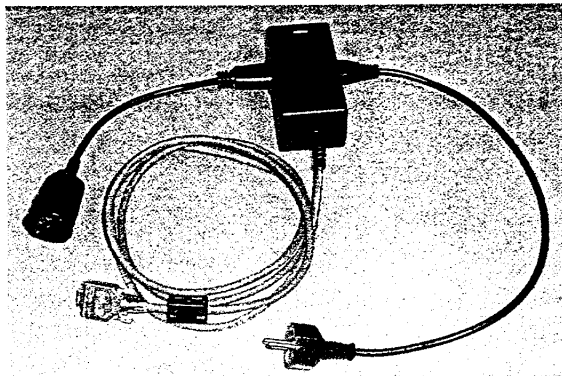


圖 4-9 電容性低壓耦合器

另外中壓耦合器一般用於接取端的配電線路上，由於電壓等級較高，所以必須有良好的絕緣處理，相同的可分為電感性耦合器與電容性耦合器，如圖 4-10 與圖 4-11。其中圖 4-10 為電感性耦合器，圖 4-11 為電容性耦合器，其中電感性耦合器安裝方式如圖 4-12 所示，其中電容性耦合器安裝方式如圖 4-13 所示。

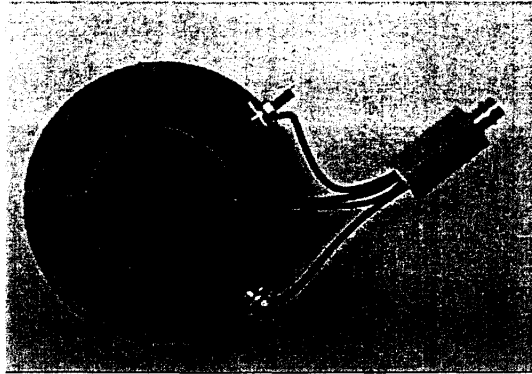


圖 4-10 電感性中壓耦合器

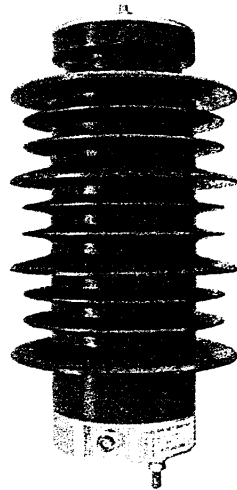


圖 4-11 電容性中壓耦合器

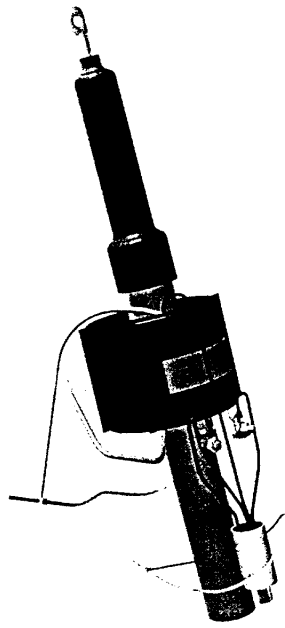


圖 4-12 電感性中壓耦合器安裝方式

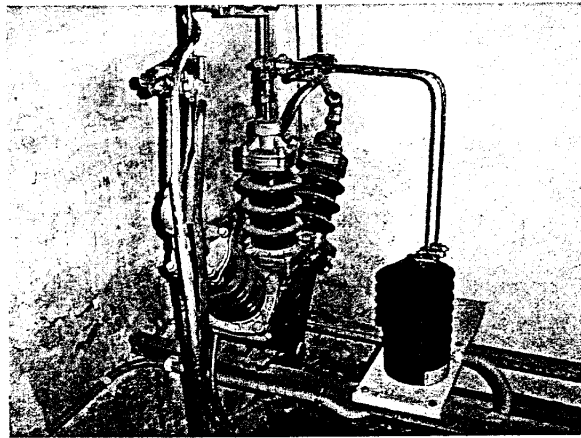


圖 4-13 電容性中壓耦合器安裝方式

4-3 電力線通信實際應用系統

目前電力線通訊系統已經在許多國家有實際應用系統，本節將針對此次參訪德西等國之實際應用系統提出介紹。

4-3-1 德國系統

此次德國行程中參訪了 Mahhium MVV 公司與 EnBw 電力線通訊系統。

1、MVV 系統

此系統提供約 5000 個用戶網際網路資料擷取與網路語音服務，其服務對象為整個社區。此電力線通訊系統為使用 Main.net 系統，其跨越中壓與低壓然後進入用戶，系統實際安裝如圖 4-14~4-18 所示。

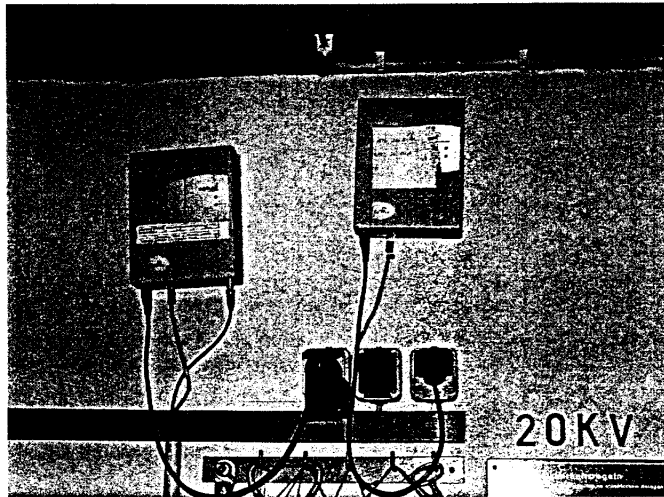


圖 4-14 MVV 系統頭端設備

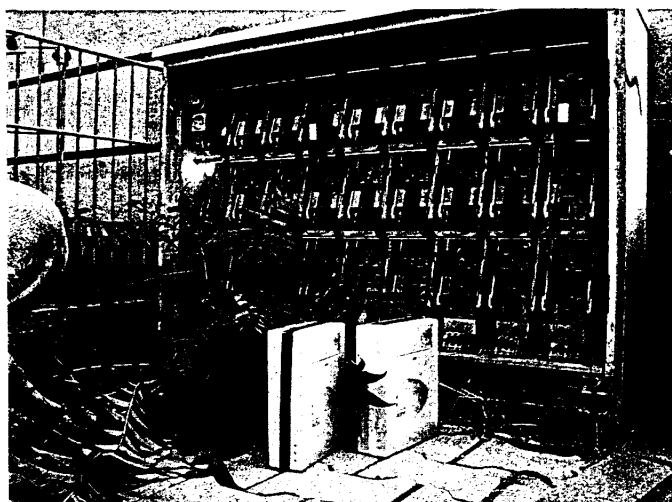


圖 4-15 MVV 系統 Home Gateway

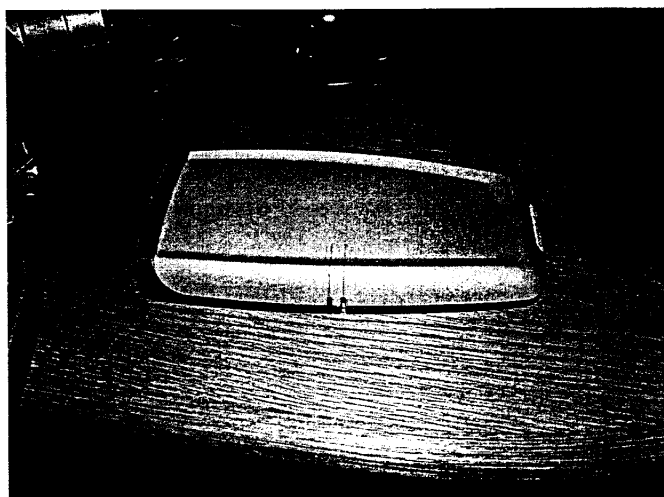


圖 4-16 MVV 系統用戶端設備

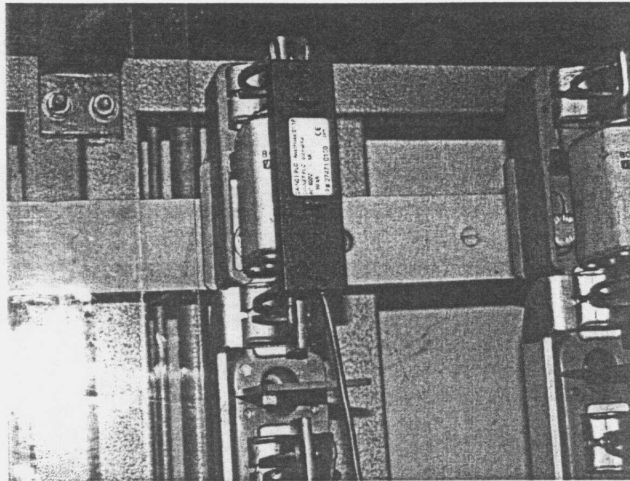


圖 4-17 MVV 系統低壓耦合器安裝方式

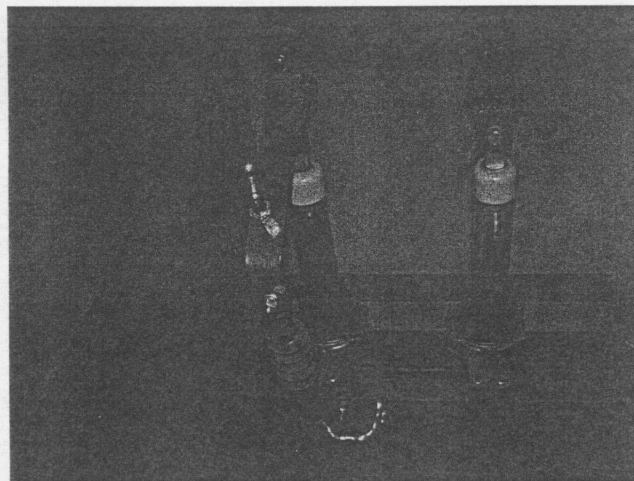


圖 4-18 MVV 系統中壓耦合器安裝方式

圖 4-14 所示為此系統頭端設備（Head End, HE），此設備負責連結廣域網路（WAN）與電力線通訊網路。最右邊為電力線訊號線，即連接耦合器輸出端（中壓或低壓），中間以以太網路和廣域網路（WAN）設備連結，左邊為電力供應線（Power

Supply)。

圖 4-15 所示為此 Home Gateway (或 Reapter)，此設備置於用戶開關箱(此圖後方三排即為用戶接戶端開關)，為頭端設備與用戶端設備的橋樑，每一個用戶端設備必須與此設備註冊方能正常使用。

圖 4-16 所示為用戶端設備 (CPE)，此設備為用戶電腦連接電力線上網的終端設備，一般以乙太網路和電腦連接。

圖 4-17 為系統低壓耦合器實際安裝圖，此耦合器為電容性耦合器，直接安裝於電力熔絲上，其下方為訊號線。

圖 4-18 為系統中壓耦合器實際安裝圖，此耦合器為電容性耦合器，由中壓電線電纜接頭引出，下方為訊號線。由於中壓系統電壓等級相當高，設備必須考慮絕緣必須良好，所以此耦合器有絕緣套管的設計。

2、EnBw 系統

此系統提供用戶網際網路資料擷取與網路語音服務，其服務對並非整個社區，而是經過挑選。此電力線通訊系統為使用 Ascom 系統，為跨越中壓與低壓的電力線通訊系統。系統實際安裝如圖 4-19 ~ 4-20 所示。

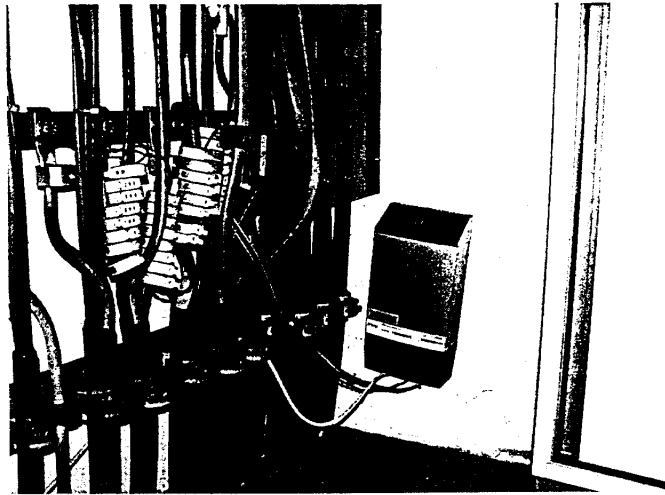


圖 4-19 EnBw 系統低壓安裝方式

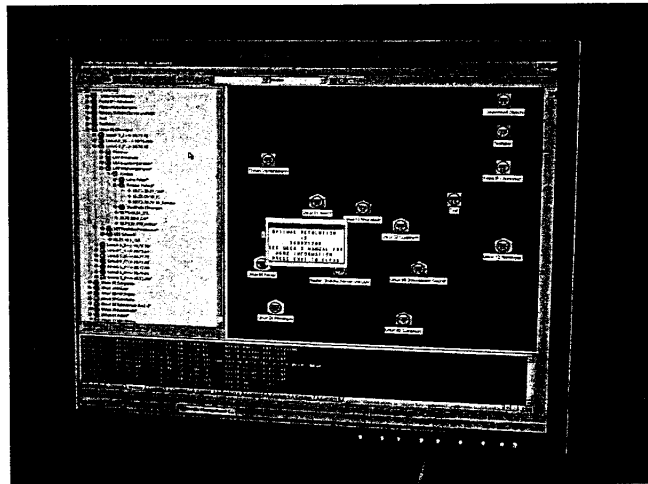


圖 4-20 EnBw 系統網路管理系統

圖 4-19 為系統低壓安裝方式，其中左邊電纜上所夾為一串電感性耦合器，訊號線直接穿入這些耦合器然後連接到頭端設備（HE，右邊方形盒子），也就是說頭端設備藉由此耦合器與

用戶端設備通訊。同時頭端設備也負責連結廣域網路 (WAN) 與電力線通訊網路，其以乙太網路和廣域網路 (WAN) 設備連結。

圖 4-20 為網路管理系統，此網管系統乃以物件方式來表現網路設備狀態，一但設備出現問題，此系統會立刻出現警訊並記錄。

4-3-2 西班牙系統

上一節介紹德國 Mahhium MVV 公司 (Main.net 系統) 與 EnBw 公司 (Ascom 系統) 電力線通訊系統，本小節將介紹西班牙系統。此系統採用 DS2 系統，提供 45Mbps 的頻寬，為目前較先盡電力線通訊系統，實際安裝地點為 Zaragoza。提供用戶網際網路資料擷取與網路語音服務。此電力線通訊系統跨越中壓與低壓然後進入用戶，系統如圖 4-21 ~ 4-27 所示。

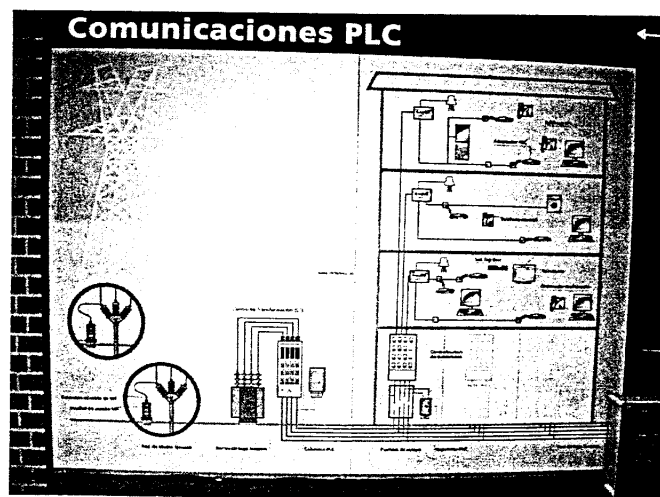


圖 4-21 系統概要單線圖



圖 4-22 系統展示室

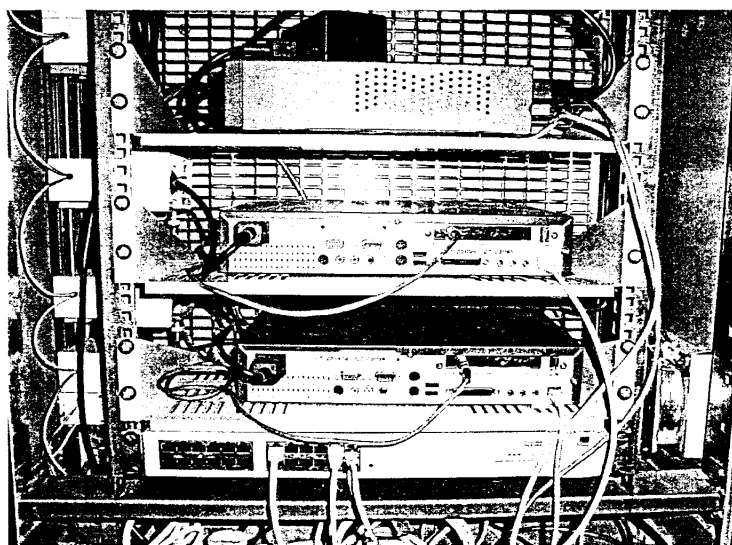


圖 4-23 系統網路設備



圖 4-24 系統閘道器（Home Gateway）與中壓傳輸設備



圖 4-25 系統低壓耦合接線方式

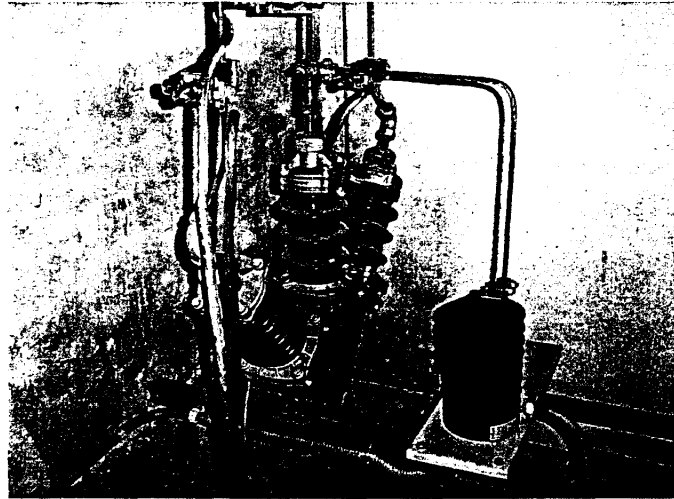


圖 4-26 系統中壓耦合接線方式



圖 4-27 系統實際應用現場（電腦教室）

圖 4-21 為系統概要單線圖，此圖說明整個系統設備安裝位置與關係，由此圖可看出此系統包含了中壓與低壓。

圖 4-22 為系統展示室，在此展示室裡展出整個系統的概要與系統的各種應用。圖中可看到有人在利用電腦進行網際網路的應用與利用電力線通訊網路打電話（網路電話）。利用此展示空間即充分展現了電力線通訊網路的各種應用，使得民眾能夠立即了解電力線通訊所帶來的方便性。

圖 4-23 為系統網路設備，基本上電力線通訊網路主要解決的是「最後一哩」的問題，所以還是必須與光纖網路連接到廣域網路（WAN），由圖中可發現電力線網路與光纖網路的連接是很容易的，兩者之間以乙太網路間進行橋接。

圖 4-24 所示為此閘道器（Home Gateway）與中壓傳輸設備。由於此系統乃由中壓引入到低壓，所以訊號由中壓引入後透過 Home Gateway 而進入到每一用戶，而此 Home Gateway 負責用戶端設備（CPE）的管理。

圖 4-25 為系統低壓安裝方式，此系統與德國低壓耦合方式不同，為利用電感性耦合器。圖中電纜上所夾類似夾式 CT 的設備即為電感性耦合器，由這些耦合器得到訊號後再傳到頭端設備或 Home Gateway。

圖 4-26 所示為系統中壓安裝方式，在此中壓耦合器為電容性耦合器，由中壓電線電纜接頭引出，下方為訊號線。由於中壓系統電壓等級相當高，設備必須考慮絕緣必須良好，所以此耦合器有絕緣套管的設計。此種耦合方式有一缺點即安裝時必須停電，在一個用電量大且較不允許停電的系統可能較不合

適。

圖 4-27 乃系統實際應用現場，為一間電腦教室，此電腦教室電腦並無一般乙太網路連接，而在每一台電腦旁放置一個 CPE (PLC modem)，利用此 CPE 每一台電腦便能利用電力線網路進行電腦網路的各種應用（資料存取與網際網路應用）。

伍、心得與建議事項

5-1 研習與參訪心得

此次經由參訪德國、西班牙與法國發現以下幾種現象，

- 1、德國，西班牙，法國均有商業化 PLC 系統。
- 2、歐洲系統目前提供網際網路應用與網路語音服務。不同公司擁有不同商業經營模式。德國 MVV 涵蓋所有用戶，EnBw 挑選特定用戶。歐洲大部分為電力公司另外成立公司經營 PLC 業務。

5-2 公司的優勢與劣勢

目前國內寬頻上網方式雖然有 xDSL 與 Cable Modem 方式，但是「最後一哩」網路建構問題由於以下原因，仍是業者很大的困難。

- 1、曠日費時。
- 2、所費不貲。
- 3、馬路開挖的限制。

然而電力線為現存網路，所以可以避免上述問題。另外配合一些主客觀條件，諸如，

- 1、目前 PLC 技術已經逐漸成熟。
- 2、台灣為資訊設備製造重鎮，對於發展 PLC 有幫助。
- 3、目前國內只有本公司能夠對 PLC 進行實際系統研究。

4、結合公司推動留住大用戶目標，提供用戶更多元化用戶服務，同時能降低公司營運成本。

5、開拓既有網路的附加價值。

以上一些因素使得本公司先天上佔有一些優勢。然而，由於本公司為國營事業與一些法令的限制，所以在時間點與法規面也是面臨一些限制。

時間點

1、寬頻網路的需求與進步非常快，公司受限於國營事業體制，是否能掌握 Time to Market。

法規面的限制與突破

- 1、目前受限於電業法無法營運。
- 2、未來電業法的修正與解套。
- 3、需取得第一或第二類電信業者執照。
- 4、由市場需求來促成政府的開放。

5-3 建議事項

1、密切注意國際 PLC 發展動向

- ◆ 派人參訪設備製造廠與實際建置系統—目前美東，德國，法國，西班牙，日本與新加坡等發展較為領先。

2、建置示範系統

- ◆ 以了解本公司配電系統實際建置 PLC 可能面臨問

題。

- ◆ 發展寬頻應用系統。

3、探討與現有固網業者合作建置示範系統可行性

- ◆ 了解現有固網業者困難點與其合作意願。

- ◆ 評估未來可能進入市場之經營模式。

陸、參考資料

- [1]、 T-R109197. Project res-IDENT : qualitative assessment of home networking appliances[R]. EPRI Report, 1999, 12 。
- [2]、 Ian O’Sullivan. The information economy derivative markets model : a technology value chain for the digital economy[R]. Enikia Incorporated, 1999 。
- [3]、 蒲冠志、陳以彥、許炎豐、林建廷，雙向通訊技術應用於自動讀表相關服務實用化研究，台灣電力公司專題報告，民國九十年。
- [4]、 趙磊，單淵選，張根度，”電力線通信技術”，電網技術，Vol. 25，No. 11 ，Nov.，2001 。
- [5]、 [http : //www.mainnet.co.il/](http://www.mainnet.co.il/) 。
- [6]、 [http : //powerline.com/](http://powerline.com/) 。
- [7]、 [http : //ambientcorp.com/](http://ambientcorp.com/) 。
- [8]、 [http : //www.totaltele.com/](http://www.totaltele.com/) 。
- [9]、 [http : //www.ds2.es/](http://www.ds2.es/) 。
- [10]、 [http : //www.tticl.com/](http://www.tticl.com/) 。
- [11]、 [http : //www.ascom.com/](http://www.ascom.com/) 。
- [12]、 [http : //www.mitsubishi.com/](http://www.mitsubishi.com/) 。
- [13]、 DS2 設備使用手冊，DS2 。